



Kimmo Tahkola

PASSIIVI- JA MATALAENERGIATALOJEN ENERGIAMITTAUKSET

Kimmo Tahkola

PASSIIVI- JA MATALAENERGIATALOJEN ENERGIAMITTAUKSET

Kimmo Tahkola
Opinnäytetyö
Kevät 2011
Talotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Kimmo Tahkola

Opinnäytetyön nimi: Passiivi- ja matalaenergiatalojen energiamittaukset

Työn ohjaaja: Veli-Matti Mäkelä

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2011

Sivumäärä: 32 + 3

TIIVISTELMÄ

Työ on osa pohjoismaista IEEB-projektia, jossa tutkitaan puu- ja betonirakennusten energiataloutta sekä kehitetään keinoja energiatehokkuuden ja mittausmenetelmien parantamiseen. Tässä työssä selvitettiin, mitä mittauksia tarvitaan ja miten ne olisi paras suorittaa, jotta passiivi- ja matalaenergiatalojen kulutusjakauma saataisiin eriteltyä mahdollisimman tarkasti.

Mittaukset oli tarkoitus suunnitella Oulun Ritaharjuun rakennettavalle omakotitaloryhmälle, jonka talot täyttävät matalaenergiarakentamisen vaatimukset. Työn tekoaikana saatavissa oli yhden rakentajan vaillinaiset piirustukset sekä toisen rakentajan piirustukset vanhasta kohteesta, joten suunnitelmat tehtiin vain näihin rakennuksiin.

Mittaus suunnitelmissa eriteltiin käyttöveden lämmitykseen ja kiertoon kuluva energia, tilojen lämmitykseen kuluva energia piirikohtaisesti sekä ilmanvaihdon lämmitykseen kuluva energia. Lisäksi suunniteltiin seuranta siten, että eri lämmöntuottotavoilla rakennukseen tuotu energia on eriteltävissä. Muita suunniteltuja mittauksia olivat lämmön talteenoton hyötysuhteen seuranta, käyttöveden kulutus sekä laite- ja taloussähkön kulutus.

Avainsanat: matalaenergiatalot, passiivitalot, energiankulutus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programme in Building Services

Author: Kimmo Tahkola
Title of thesis: Energy Metering in Passive and Low-Energy Houses
Supervisor: Veli-Matti Mäkelä
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2011
Pages: 32 + 3

ABSTRACT

The study is part of the Nordic IEEB project, in which the energy economy in wooden and concrete buildings are examined and new ways are developed to improve energy efficiency and measuring methods. It was also studied which measurements are needed and how they should be carried out to find out the distribution of consumption as accurately as possible.

The measurements were intended for a block of low-energy houses to be built in the residential area of Ritaharju, Oulu. However, when this work was carried out there were only incomplete drawings available from one of the seven builders and drawings of existing house from another builder. The measurements were planned for these buildings.

The measurement plans resulted in specifying the energy used for heating the tap water and the heat leak from the tap water circulation, heating energy per heating circuit as well as the energy used for heating the incoming air. In addition it was planned that the heating energy produced in different manners is measured. The other measurements planned were the efficiency of heat recovery and the consumption of domestic water and domestic electricity.

Keywords: low-energy houses, passive houses, energy consumption

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 MITTAUSKOHTEET	8
2.1 Matalaenergiatalo	8
2.2 Passiivitalo	8
2.3 Tutkimukseen liittyvien rakennusten sijainti	8
2.4 Kohteet	10
3 ENERGIAMITTAUKSET	11
3.1 Rakennuksen energiavirrat	11
3.2 Mittaukset ja energian laskenta	12
3.3 Lämmitysjärjestelmän energiankulutus	13
3.3.1 Käyttöveden energiankulutus	13
3.3.2 Tilojen lämmityksen energiankulutus	15
3.4 Eri lämmöntuottotavoilla tuotettu energia	19
3.4.1 Maalämpö	20
3.4.2 Aurinkolämmitys	21
3.5 Lämmön talteenoton hyötysuhde	22
3.6 Laitesähkö	24
3.7 Taloussähkö	24
4 MITTAUSTEN SUUNNITTELU	25
4.1 Puutuomela Oy	25
4.2 Kontiotuote Oy	26

5 SÄÄOLOJEN JA KÄYTTÖTOTTUMUSTEN VAIKUTUS ENERGIANKULUTUKSEEN	27
6 MITTALAITTEISTA	29
7 YHTEENVETO	30
LÄHTEET	31
LIITTEET	
Liite 1. Lähtötietomuistio	
Liite 2. Puutuomela Oy:n mittaukset	
Liite 3. Kontiotuote Oy:n mittaukset	

1 JOHDANTO

Rakennusten energiatehokkuudella on suuri rooli ilmastonmuutoksen hidastamisessa (1, s. 3). EU:n niin sanotun energiapalveludirektiivin mukaan Suomen on pyrittävä kokonaisuudessaan 9 %:n energiansäästötavoitteeseen vuoteen 2016 mennessä (2, s. 2). Yhtenä tärkeimmistä keinoista tavoitteeseen pääsemiseksi pidetään energiatehokkaiden talojen rakentamista, koska kotitalouksien kulutuksen osuus on noin 20 % energian loppukäytöstä Suomessa (2, s. 13–18). EU:ssa onkin kaavailtu, että viimeistään vuonna 2020 kaikki uudisrakentaminen täyttäisi matalaenergiarakentamisen normit (3, s. 4).

Opinnäytetyö liittyy pohjoismaiseen IEEB-projektiin, jonka tarkoituksena on selvittää nykyaikaisten matalaenergiatalojen todellisia energiankulutuksia ja kulutuksen jakautumista Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa. Laajamittaista tutkimustietoa aiheesta on toistaiseksi kertynyt vähän ja IEEB-projekti onkin tähänastisista matalaenergiarakentamista tutkivista projekteista kattavimpia.

Työssä selvitetään, mitä mittauksia passiivi- ja matalaenergiataloissa pitää suorittaa, jotta rakennuksen kulutusjakauma saadaan selvitettyä mahdollisimman tarkasti. Saatujen mittaustulosten perusteella voidaan todeta matalaenergiarakentamisen vaikutukset rakennuksen energiankulutuksiin eri osa-alueilla. Lisäksi matalaenergiakortteliin asennettavien sääasemien ansiosta päästään vertaamaan eri sääolosuhteiden vaikutusta matalaenergiarakennusten kulutukseen. (Liite 1.)

2 MITTAUSKOHTEET

2.1 Matalaenergiatalo

Rakennusinsinööriunionin asuinrakennusten matalaenergiarakentamista käsittelevä julkaisu 249-2009 määrittelee matalaenergiataloksi rakennuksen, jonka vuotuinen lämmitys- ja jäähdytysenergian nettotarve on 26 - 50 kWh/m² ja kokonaisenergiankulutus 78 - 115 kWh/m². Rakentamismääräyksiin matalaenergiatalon määritelmä on sidottu siten, että suunnittelussa laskennallisten lämpöhäviöiden tulisi olla enintään 85 % vertailulämpöhäviöstä. Matalaenergiatalossa kokonaisenergiasta yleensä noin puolet kuluu huonetilojen lämmitykseen, viidesosa käyttöveden lämmitykseen ja loput valaistukseen sekä sähkölaitteisiin. (1, s. 31; 4, s. 5; 5.)

2.2 Passiivitalo

RIL:n julkaisun 249-2009 määritelmän mukaan passiivitalo on rakennus, jonka lämmitys- ja jäähdytysenergian vuotuinen nettotarve on 15 - 25 kWh/m² ja kokonaisenergiankulutus 60 - 86 kWh/m². Määritelmää ei kuitenkaan ole sidottu rakennusmääräyksiin. Passiivitalon toimintaperiaate on, että se saa suuren osan tarvittavasta lämmitysenergiasta passiivisista lämpökuormista kuten ihmisistä, valaistuksesta ja kodinkoneista sekä auringon säteilystä ikkunoiden kautta. (1, s. 31; 6, s. 3 - 4.)

2.3 Tutkimukseen liittyvien rakennusten sijainti

Oulun kaupungin rakennusvalvontaviraston päätöksellä matalaenergiakortteli rakentuu kuvassa 1 esitettyyn B-vaihtoehtoon mukaiseen paikkaan. Puistoon rajoittuva sijainti uudisalueella mahdollistaa erikoisjärjestelyn, jonka mukaisesti taloille ei vedetä kaukolämpöä. Normaalisti Ritaharjun alueella kaukolämpöön liittymisestä sovitaan jo tontin luovutusehdoissa.

Kaukolämpöön on kuitenkin mahdollista liittyä, koska viereiset alueet ovat kaukolämpöaluetta ja niille vedetään korttelijohto.



KUVA 1. Matalaenergiakorttelin sijainti Ritaharjussa (7)

Rakennuksissa käytetään erilaisia lämmitysmuotoja ja lämmönjakotapoja, joka asettaa omat haasteensa energiamittausten suunnittelulle. Kaikki rakennukset kattavaa yhtenäistä suunnitelmaa ei voida toteuttaa.

Saatuja energiankulutustietoja tullaan vertaamaan kortteliin asennettavan sää-
aseman antamiin lämpötila-, tuuli-, ilmankosteus- ja pilvisyystietoihin. Tästä voi-
daan tutkia, mitkä sääolot vaikuttavat rakennuksen energiankulutuksiin eri osa-
alueilla ja kuinka voimakkaasti.

2.4 Kohteet

Matalaenergiakortteliin osallistuu seitsemän kotimaista puutalotoimittajaa: Kon-
tiotuote Oy, Lappli-Talot Oy, Kastelli-talot Oy, Kannustalo Oy, JT-Talo Puu-
tuomela Oy, Avadium Oy ja Lammi-Kivitalot Oy. Valitettavasti suurimmalla osal-
la talotoimittajista ei ollut vielä tämän työn tekohetkellä mahdollista antaa koh-
teiden suunnitelmia käytettäväksi. Työn mittaussuunnitelmat tehtiin tämän
vuoksi kohteille, jotka edustavat lvi-tekniikaltaan yleisimpiä tällä hetkellä käytös-
sä olevia ratkaisuja matalaenergiarakentamisessa.

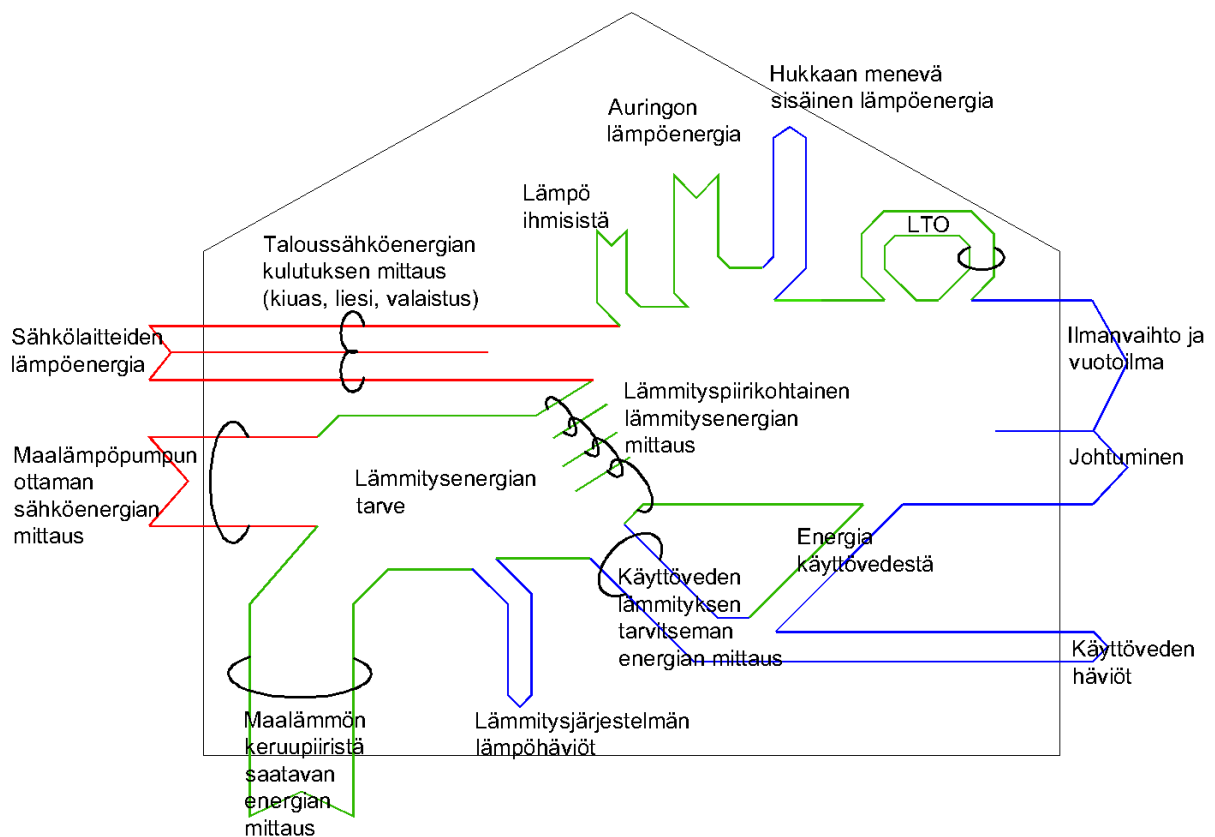
Puutuomela Oy:ltä saatiin käyttöön lin Vihreään kortteliin rakennettavan mata-
laenergiatalon suunnitelmat. Yksikerroksisen rakennuksen kerrosala on 149 m²,
lämmin huoneistoala 124 m² ja tilavuus 490 m³. Lämmitysmuotona on Ilton IL-
PO Comfort CE50 -poistoilmalämpöpumppu varustettuna ILPO T-10 Econo-
-tuloilmalaitteella. Lämmönjako tapahtuu vesikiertoisella lattialämmityspiirillä.
Talossa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Lisälämmönlähteenä on olo-
huoneessa varaava takka.

Kontiotuote Oy:ltä saatiin käyttöön keskeneräiset suunnitelmat, joiden pohjalta
pystyttiin suunnittelemaan joitakin mahdollisia mittauspisteitä. Kaksikerroksisen
rakennuksen kerrosala on 199,5 m², lämmin huoneistoala 176,5 m² ja tilavuus
650 m³. Lämmitysmuotona on maalämpö ja lämmönjaosta huolehtii vesikierto-
nen lattialämmitysjärjestelmä. Kohteessa on koneellinen tulo- ja poistoilman-
vaihto varustettuna lämmön talteenotolla. Lisälämmönlähteenä on tupakeittiös-
sä varaava leivinuuni.

3 ENERGIAMITTAUKSET

3.1 Rakennuksen energiavirrat

Asuinrakennuksen energiavirrat voidaan esittää kuvan 2 mukaisella Sankey-diagrammilla. Diagrammi kuvaa rakennuksen energiatasetta, eli mistä lämpöenergia tulee rakennukseen ja mihin sitä kuluu. Tässä työssä esitellyt energimittaukset on merkitty diagrammiin ympyröimällä kyseinen energiavirta.



KUVA 2. Maalämpöpumpulla varustetun talon Sankey-diagrammi

Kuvaan 2 on merkitty punaisella ne energiavirrat, jotka talon käyttäjä ostaa ulkopuolelta. Vihreällä on merkitty niin sanotut ilmaisenergiat, jotka tulevat muun muassa maalämpöpiiristä, ihmisistä ja auringon säteilystä. Energiahäviöt johtamalla sekä ilmanvaihdon ja käyttöveden mukana on merkitty sinisellä.

3.2 Mittaukset ja energian laskenta

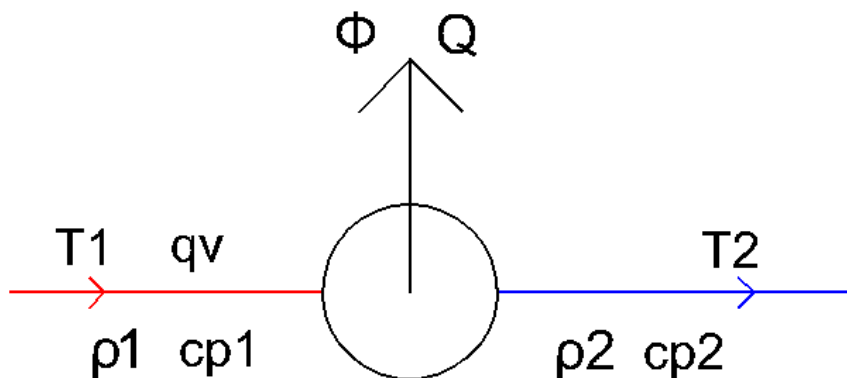
Tarvittavien mittauspisteiden määrä kohteessa riippuu paljon talon rakenteesta sekä lämmönjako- ja tuottotavasta. Energiamittaukset pyritään suunnittelemaan siten, että eriteltävissä ovat ainakin käyttöveden lämmitykseen ja kiertojohdon lämpöhäviöihin kuluva energia, lämmitysenergian kulutus lämmityspiirikohtaisesti, eri lämmöntuottotavoilla taloon tuodut energiamäärät, ilmanvaihdon aiheuttama energiankulutus sekä laitesähköstä ainakin pumput ja puhaltimet. Lisäksi mitataan taloussähkö ja lämmön talteenoton hyötysuhde. Myös huoneiden sisälämpötilat ja käyttöveden kulutus mitataan.

Tehon laskemiseen tarvitaan lämpötilat lämmönsiirtoprosessin alku- ja loppupäässä, prosessin tilavuusvirta sekä lämmönsiirtoaineen keskimääräinen tiheys ja ominaislämpökapasiteetti. (Kuva 3.) Teho lasketaan kaavalla 1 (8, s. 104).

$$\phi = q_v \rho_v c_p (T_1 - T_2)$$

KAAVA 1

q_v	prosessin tilavuusvirta
ρ_v	lämmönsiirtoaineen keskimääräinen tiheys
c_p	lämmönsiirtoaineen keskimääräinen ominaislämpökapasiteetti
T_1	lämmönsiirtoaineen lämpötila prosessin alkupäässä
T_2	lämmönsiirtoaineen lämpötila prosessin loppupäässä



KUVA 3. Lämmönsiirtoprosessi

Tietyllä aikavälillä kulunut energia saadaan tehon integraalina kyseessä olevan aikavälin yli kaavan 2 mukaisesti.

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} \phi \, dt$$

KAAVA 2

3.3 Lämmitysjärjestelmän energiankulutus

Lämmitysjärjestelmän energiankulutus koostuu tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämmityksestä (1, s. 24). Huonetilojen lämmitykseen kuluu tyypillisessä matalaenergiatalossa noin puolet kokonaisenergiasta ja käyttöveden lämmitykseen noin viidesosa (5).

3.3.1 Käyttöveden energiankulutus

Käyttöveden energiankulutukseen sisältyvät veden lämmittämiseen tarvittava energia sekä lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviöt. Kiertojohdon osuus käyttöveden energiankulutuksesta voi olla merkittävä. Talvella kiertojohdon lämpöhäviöt tulevat osaltaan hyödyksi rakennuksen lämmityksessä, mutta kesäoloissa ne muodostavat turhan lämpökuorman.

Käyttöveden lämmityksen energiankulutus

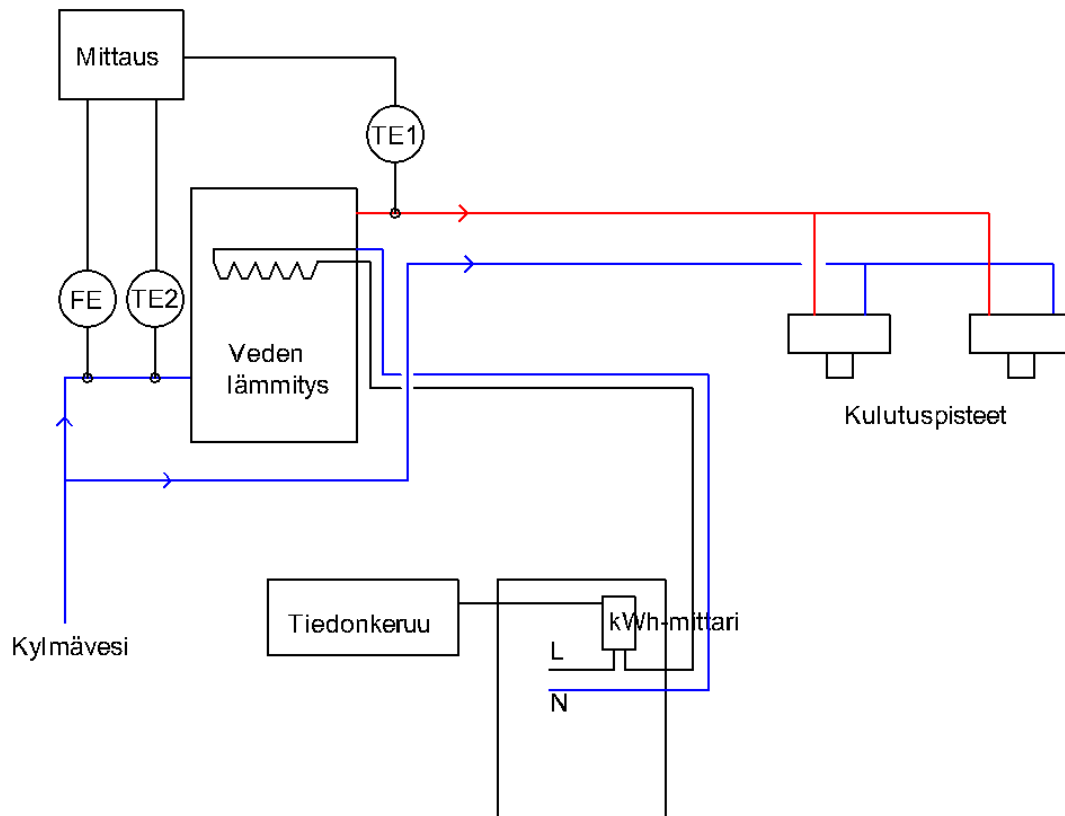
Kun käyttövettä kulutetaan, lämmityksen ottama teho lasketaan lämpimän käyttöveden ja taloon tulevan kylmän veden lämpötilaerosta sekä virtaamasta vedenlämmittimen läpi kaavalla 3 (8, s. 104).

$$\phi_{lv} = q_{v1} \rho_{v1} c_{p1} \Delta T_1$$

KAAVA 3

q_{v1}	käyttöveden virtaama (m ³ /s)
ρ_{v1}	lämpimän käyttöveden ja kylmän veden keskimääräinen tiheys (kg/m ³)
c_{p1}	veden keskimääräinen ominaislämpökapasiteetti (kJ/kg°C)
ΔT_1	lämpimän käyttöveden ja kylmän veden välinen lämpötilaero (°C)

Kuvassa 4 mittausanturi TE1 mittaa lämpimän käyttöveden lämpötilaa, anturi TE2 taloon tulevan kylmän veden lämpötilaa ja virtausmittari FE lämmitettävän veden tilavuusvirtaa. Jos rakennuksen käyttöveden lämmitys tapahtuu sähkövastuksella, voidaan tarvittavan energian määrä mitata myös kWh-mittarilla kuvan mukaisesti. Tällöin mittauksessa ovat mukana myös varaajan häviöt.



KUVA 4. Käyttöveden lämmitykseen kuluvan energian mittaus

Lämpimän käyttöveden kierron energiankulutus

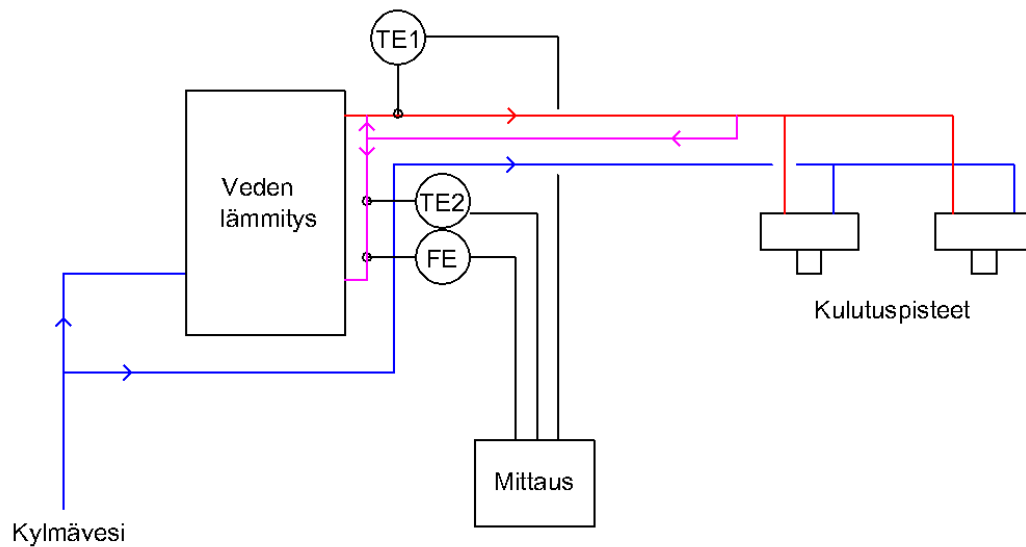
Mikäli rakennuksessa on käyttöveden kierto, lämpöhäviötehon mittaamiseksi asennetaan lämpötila-anturit lämpimän veden johtoon ja kiertojohdon paluupäähän sekä virtausanturi paluupuolelle. Mittaus kannattaa suorittaa varsinkin passiivitaloissa, koska kierron häviöiden suhteellinen osuus rakennuksen kokonaiskulutuksesta on suuri ja kesäolosuhteissa häviöt aiheuttavat rakennukseen lämpökuormaa (6, s. 10). Teho saadaan laskettua lämpimän käyttöveden ja kierron paluuv veden lämpötilaerosta sekä virtaamasta kaavalla 4 (8, s. 104).

$$\phi_{lvk} = q_{v2} \rho_{v2} c_{p2} \Delta T_2$$

KAAVA 4

q_{v2}	lämminvesikierron virtaama (m^3/s)
ρ_{v2}	lämpimän käyttöveden ja kiertojohdon paluuveden keskimääräinen tiheys (kg/m^3)
c_{p2}	veden keskimääräinen ominaislämpökapasiteetti ($\text{kJ}/\text{kg}^\circ\text{C}$)
ΔT_2	lämpimän käyttöveden ja kiertojohdon paluuveden välinen lämpötilaero ($^\circ\text{C}$)

Kuvassa 5 mittausanturi TE1 mittaa lämpimän käyttöveden lämpötilaa, anturi TE2 lämpimän veden kierron paluulämpötilaa ja virtausmittari FE takaisin vedenlämmittimelle menevän kiertoveden tilavuusvirtaa.



KUVA 5. Käyttöveden kierron lämpöhäviöihin kuluvan energian mittaus

3.3.2 Tilojen lämmityksen energiankulutus

Lämmitysenergian mittaus suoritetaan eri tavoilla lämmönjakotavasta riippuen. Matalaenergiataloissa käytetään yleisesti vesikiertoista lattialämmitystä, radiaattorilämmitystä tai ilmanvaihtolämmitystä. Passiivitaloissa käytetään monesti sähkökäyttöistä ilmanvaihtolämmitystä, koska vesikiertoisten järjestelmien in-

vestointikustannukset ovat suuret verrattuna lämmitysenergian kulutukseen. Suomen oloissa passiivitalon lämmitysenergian tarve voi olla kuitenkin niin suuri, ettei ilmanvaihdon kautta saada tuotua tiloihin riittävää lämpö määrää vaan joudutaan turvautumaan perinteisiin lämmönjakotapoihin.

Vesikiertoinen lattialämmitys

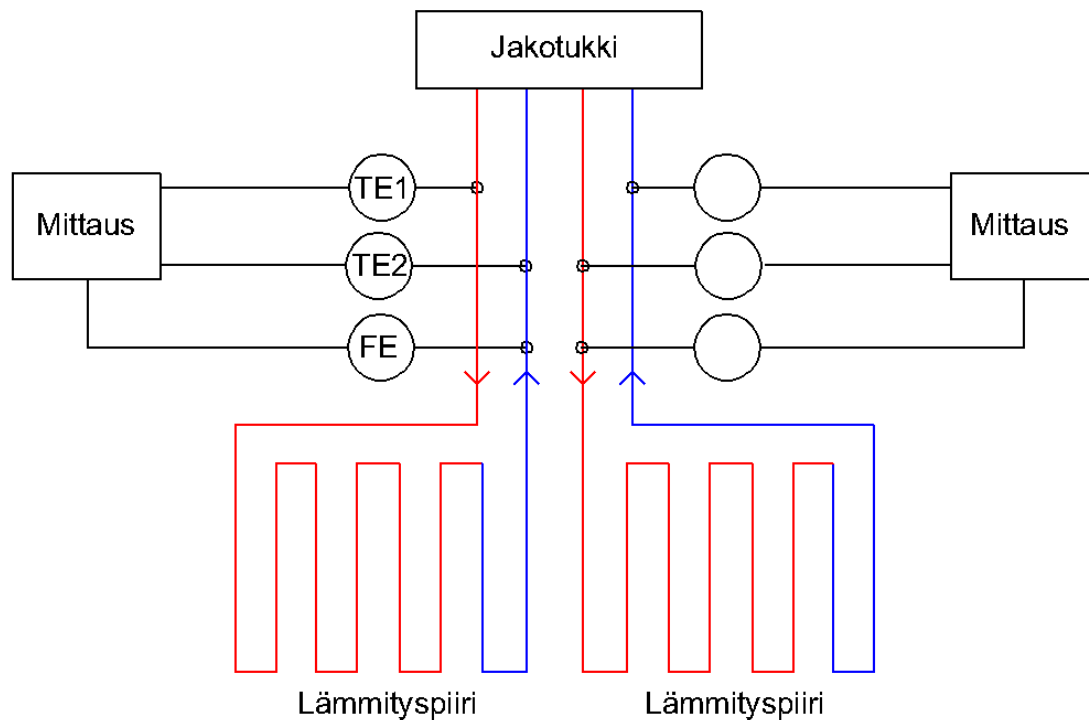
Vesikiertoisessa lattialämmityksessä tarkastellaan lämmityspiirikohtaisesti meno- ja paluulämpötiloja sekä vesivirtaa. Näistä saadaan laskettua teho piirissä kaavalla 5. (8, s. 169.)

$$\phi_{ll} = q_{v3} \rho_{v3} c_{p3} \Delta T_3$$

KAAVA 5

q_{v3}	vesivirta kyseisessä lämmityspiirissä (m^3/s)
ρ_{v3}	veden keskimääräinen tiheys lämmityspiirissä (kg/m^3)
c_{p3}	veden keskimääräinen ominaislämpökapasiteetti lämmityspiirissä ($\text{kJ}/\text{kg}^\circ\text{C}$)
ΔT_3	piirin meno- ja paluuveden lämpötilaero ($^\circ\text{C}$)

Kuvassa 6 mittausanturi TE1 mittaa lattialämmityspiiriin menevän veden lämpötilaa, anturi TE2 piiristä palaavan veden lämpötilaa ja virtausmittari FE piirissä kulkevan veden tilavuusvirtaa. Mittaukset suoritetaan erikseen jokaisesta lämmityspiiristä.



KUVA 6. Lattialämmityksen luovuttaman energian mittaus piirikohtaisesti

Ilmanvaihtolämmitys vesipatterilla

Ilmanvaihtolämmityksessä tarkastellaan lämmityspatteriin menevän ja sieltä palaavan veden lämpötiloja sekä vesivirtaa patterin läpi, jolloin saadaan laskettua patterin teho kaavalla 6 (8, s. 169).

$$\phi_{lp} = q_{v4} \rho_{v4} c_{p4} \Delta T_4$$

KAAVA 6

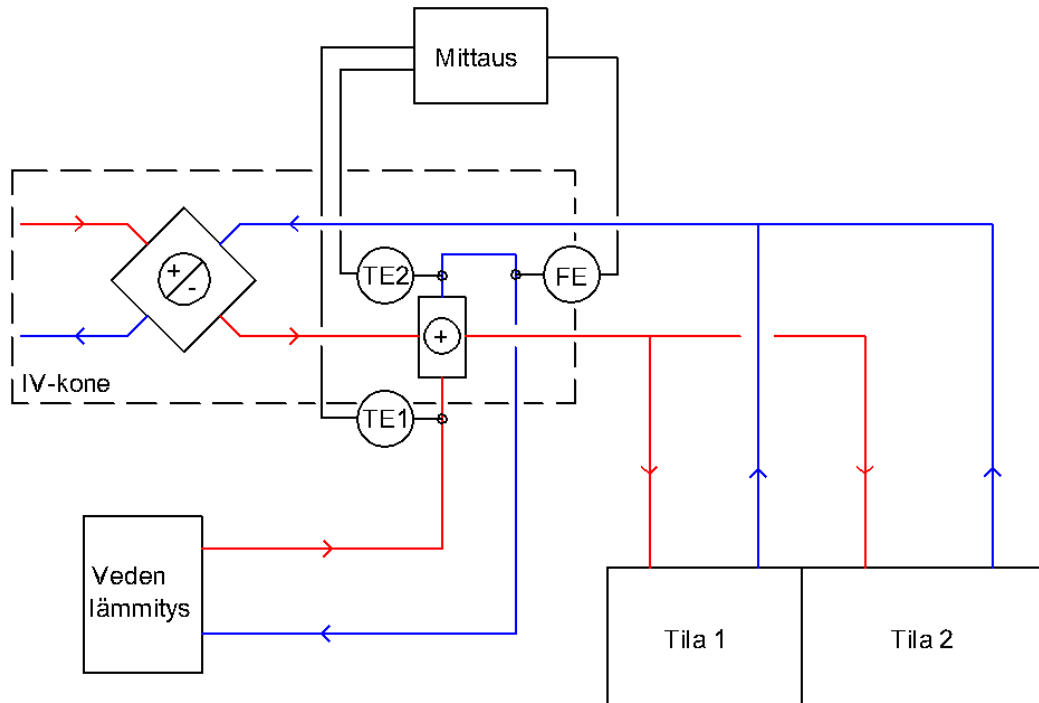
q_{v4} vesivirta lämmityspatterissa (m^3/s)

ρ_{v4} meno- ja paluuveden keskimääräinen tiheys (kg/m^3)

c_{p4} meno- ja paluuveden keskimääräinen ominaislämpökapasiteetti ($\text{kJ}/\text{kg}^\circ\text{C}$)

ΔT_4 meno- ja paluuveden lämpötilaero ($^\circ\text{C}$)

Kuvassa 7 mittausanturi TE1 mittaa ilmanvaihtokoneen lämmityspatterille menevän veden lämpötilaa, anturi TE2 lämmityspatterilta palaavan veden lämpötilaa ja virtausmittari FE patterin läpi kulkevan veden tilavuusvirtaa.



KUVA 7. Ilmanvaihdon vesipatterin energiankulutuksen mittaus

Huonekohtaisia lämmitysenergiämääriä tutkittaessa mitataan kyseisen tilan ilmavirta, tuloilman lämpötila sekä raitisilman lämpötila lämmön talteenoton jälkeen, jolloin voidaan laskea lämmityspatterilta vaadittava teho tilakohtaisesti kaavalla 7 (8, s. 102).

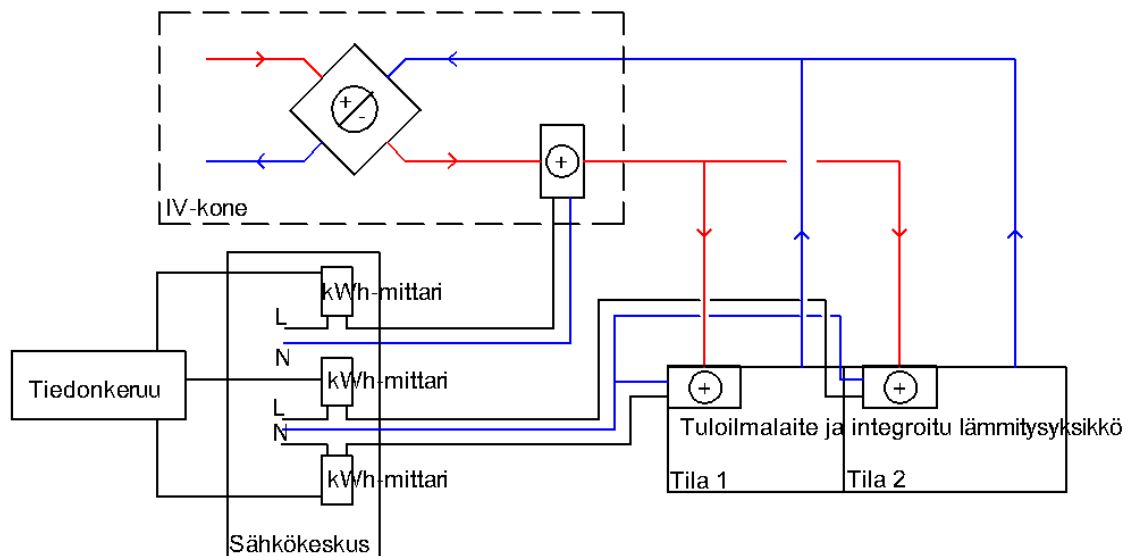
$$\phi_{lh} = q_{i5} \rho_{i5} c_{p5} \Delta T_5$$

KAAVA 7

q_{i5}	kyseessä olevan huoneen ilmavirta (m ³ /s)
ρ_{i5}	tuloilman ja raitisilman keskimääräinen tiheys (kg/m ³)
c_{p5}	tuloilman ja raitisilman keskimääräinen ominaislämpökapasiteetti (kJ/kg°C)
ΔT_5	tuloilman ja raitisilman välinen lämpötilaero (°C)

Ilmanvaihtolämmitys sähköllä

Ilmanvaihdon sähkölämmityspatterin ja tuloilmalaitteisiin integroitujen lämmittimien ottama energia mitataan sähkökeskukseen asennettavalla kWh-mittarilla kuvan 8 osoittamalla tavalla. Myös sähköisen esilämmityspatterin ottama sähköenergia mitataan vastaavasti.



KUVA 8. Ilmanvaihtokoneen sähköpatterin ja tuloilmalaitteisiin integroitujen lämmitysyksikköjen energiankulutuksen mittaus

3.4 Eri lämmöntuottotavoilla tuotettu energia

Yleisimpiä matalaenergiataloissa käytettäviä lämmönlähteitä ovat maalämpö, poistoilmalämpöpumppu, aurinkokeräimet, sähkö, pelletti ja kaukolämpö. Maalämpö- ja poistoilmalämpöpumpun energiamittaukset suoritetaan samalla periaatteella. Pellettikattilan tuottama energia saadaan mittaamalla kattilalta lämminvesivaraajaan ladattava energiamäärä. Käytetyn polttoaineen määrää mittaamalla voitaisiin lisäksi tarkastella kattilan hyötysuhdetta. Taloon tuotu kaukolämpöenergia puolestaan saadaan energiayhtiön mittarista, joka voidaan liittää mittausjärjestelmään heidän toimestaan.

3.4.1 Maalämpö

Maalämmön keruupiiristä saatava teho lasketaan kaavan 9 mukaisesti. Vastavasti lasketaan myös maalämpöpumpun lauhduttimelta saatava teho.

$$\phi_{ml} = q_{v6} \rho_{v6} c_{p6} \Delta T_6 \quad \text{KAAVA 9}$$

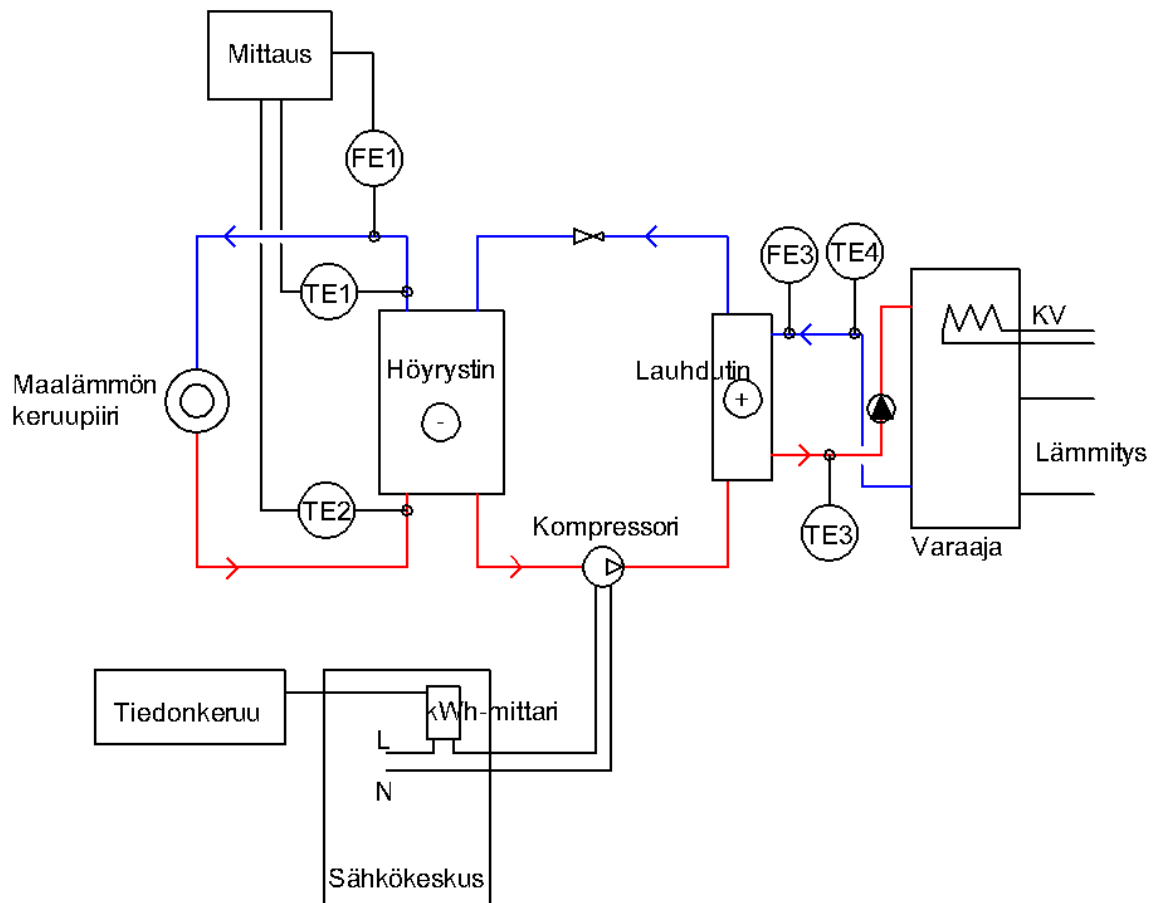
q_{v6}	on lämmönkeruunesteen tilavuusvirta (m^3/s)
ρ_{v6}	nesteen keskimääräinen tiheys (kg/m^3)
c_{p6}	nesteen keskimääräinen ominaislämpökapasiteetti ($\text{kJ}/\text{kg}^\circ\text{C}$)
ΔT_6	lämmönkeruunesteen meno- ja paluupuolen lämpötilaero ($^\circ\text{C}$)

Maalämpölaitteiston kuluttama sähköenergia mitataan kWh-mittarilla. Mittaukseen sisältyvät kompressorin lisäksi laitteiston apulaitteiden, kuten pumppujen, lämmitysvastusten ja ohjauslaitteiden, ottama energia. Lämpöpumpun lämpökerroin saadaan laskettua näistä mittaustuloksista kaavalla 10. (8, s. 379)

$$\eta = \frac{Q_{\text{lauhduutin}}}{Q_{\text{sähkö}}} \quad \text{KAAVA 10}$$

η	lämpöpumpun lämpökerroin
$Q_{\text{lauhduutin}}$	lauhduttimelta varaajaan syötettävä energia (kWh)
$Q_{\text{sähkö}}$	maalämpöpumppulaitteiston ottama sähköenergia (kWh)

Kuvassa 10 mittausanturi TE1 mittaa maalämmön keruupiiriin menevän lämmönkeruunesteen lämpötilaa, TE2 keruupiiristä palaavan nesteen lämpötilaa ja virtausmittari FE1 piirin läpi kulkevan nesteen tilavuusvirtaa. Näistä mittaustuloksista lasketaan maalämmön keruupiiristä saatavan energian määrä. Mittausanturi TE3 mittaa lauhduttimelta tulevan veden lämpötilaa, TE4 lauhduttimelle palaavan veden lämpötilaa ja virtausmittari FE3 veden tilavuusvirtaa. Näistä tuloksista saadaan maalämpölaitteiston tuottama kokonaisenergia. Maalämpöpumpun ottama sähköenergia mitataan kWh-mittarilla kuvan 10 osoittamalla tavalla.



KUVA 10. Maasta saatavan energian, maalämpöpumpun tuottaman kokonaisenergian ja maalämpölaitteiston ottaman sähköenergian mittaus maalämmityskohteessa

3.4.2 Aurinkolämmitys

Aurinkolämmitysjärjestelmän pääkomponentteja ovat katolle asennettavat aurinkokeräimet, varaaja, putkisto sekä pumppu- ja ohjausyksikkö (9). Järjestelmän avulla talteen otetun energian mittaus suoritetaan kuvan 11 mukaisesti. Järjestelmän teho lasketaan meno- ja paluunesteen lämpötiloista sekä piirin virtaamasta kaavalla 11 (8, s. 169).

$$\phi_{al} = q_{v7} \rho_{v7} c_{p7} \Delta T_7$$

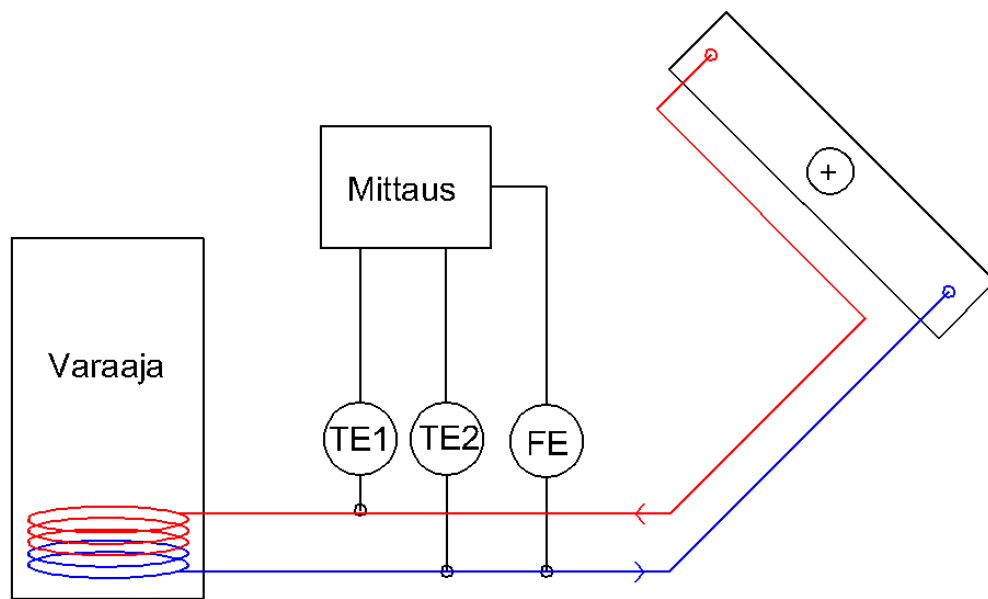
KAAVA 11

q_{v7} on lämmönkeruunesteen tilavuusvirta (m^3/s)

ρ_{v7} nesteen keskimääräinen tiheys (kg/m^3)

c_{p7}	nesteen keskimääräinen ominaislämpökapasiteetti (kJ/kg°C)
ΔT_7	lämmönkeruunesteen meno- ja paluupuolen lämpötilaero (°C)

Kuvassa 11 mittausanturi TE1 mittaa aurinkokeräimeltä varaajaan virtaavan nesteen lämpötilaa, TE2 varaajalta palaavan nesteen lämpötilaa ja virtausmittari FE piirissä kulkevan nesteen tilavuusvirtaa.



KUVA 11. Aurinkokeräimillä talteen otettavan energian mittaus

Aurinkokeräimet tuottavat kesäkuukausina, kun lämmitysenergian tarve on pieni, huomattavan määrän ylimääräistä energiaa, josta suuri osa menee varaajahiäviöiksi. Rakennuksen lämmitysenergian ja käyttöveden lämmityksen energian kulutuksia mittaamalla voidaan tarkastella, paljonko aurinkokeräimillä talteen otettavasta energiasta saadaan hyödyksi ja paljonko menee järjestelmän häviöiksi.

3.5 Lämmön talteenoton hyötysuhde

Ilmanvaihtokoneen lämmön talteenoton hyötysuhde määritellään tavallisesti tuloilman lämpenemisen suhteena suurimpaan lämpötilaeroon lämmön talteen-

oton yli. Tätä kutsutaan tuloilman lämpötilahyötysuhteeksi. Se saadaan vertaamalla tuloilman lämpötilaeroa lämmön talteenoton yli raitisilman ja poistoilman lämpötilaeroon kaavan 8 mukaisesti. (10, s. 286.)

$$\eta_t = \frac{t_{TE2} - t_{TE1}}{t_{TE3} - t_{TE1}}$$

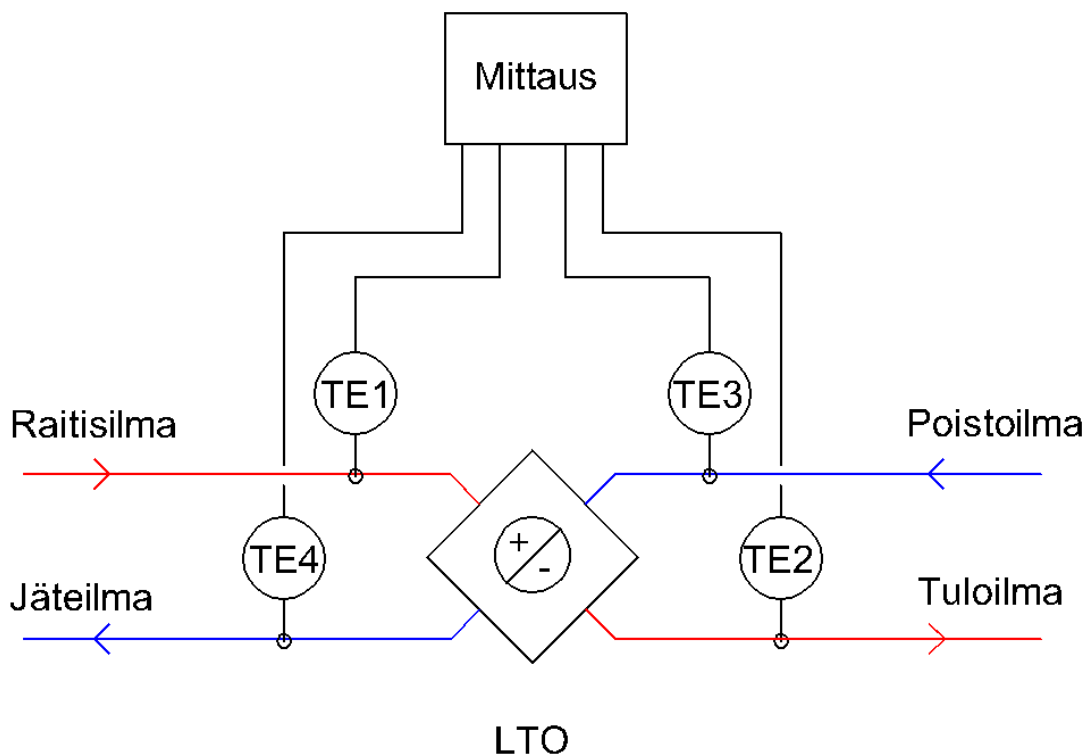
KAAVA 8

t_{TE1} tuloilman lämpötila ennen lämmön talteenottoa (°C)

t_{TE2} tuloilman lämpötila lämmön talteenoton jälkeen (°C)

t_{TE3} poistoilman lämpötila (°C)

Kuvassa 9 mittausanturi TE1 mittaa raitisilman lämpötilaa, anturi TE2 tuloilman lämpötilaa, anturi TE3 poistoilman lämpötilaa ja anturi TE4 jäteilman lämpötilaa. Mikäli tulo- ja poistoilmavirtojen ero on huomattavan suuri, voidaan käyttää myös poistoilman lämpötilahyötysuhdetta. Se saadaan vertaamalla poistoilman jäähtymää suurimpaan lämpötilaeroon lämmön talteenoton yli. (10, s. 286.)



KUVA 9. Lämmön talteenoton tulo- ja poistoilman lämpötilahyötysuhteen mittaus

3.6 Laitesähkö

Laitesähköstä eritellään ainakin puhaltimien ja pumppujen kulutukset. Mikäli sähköenergian mittaukseen käytetään DIN-kiskoon asennettavia kWh-mittareita, energiamittaus voidaan suorittaa vain sähköryhmäkohtaisesti. Esimerkiksi ilmastointikoneen puhaltimien ja esilämmityspatterin kulutuksia ei voida eritellä, mikäli ne on liitetty samaan laiteryhmään. Sama ongelma voi ilmetä myös lämpöpumpuissa, jolloin mittaus kattaa kompressorin lisäksi lisälämmitysvastukset, pumput ja muut apulaitteet. Rakennusvaiheessa kannattaa kuitenkin kartoittaa sähkösuunnittelijan kanssa mahdollisuuksia edellä mainittujen kulutusten erittelyyn, jotta kulutusjakauman analysointi voitaisiin tehdä tarkemmin.

3.7 Taloussähkö

Taloussähkön osalta eritellään suuret kulutuskohteet. Tällaisia ovat valaistus, viihde-elektroniikka, keittiön koneet mukaan luettuna kylmälaitteet sekä sauna. Elektroniikan osalta hyvä otanta saadaan mittaamalla esimerkiksi olohuoneen pistorasiaryhmän kulutus. Viihde-elektroniikan määrä on koko ajan kasvamaan päin ja sen tuottaman lämmön osuus näyttelee yhä suurempaa roolia matala-energiatalojen lämmitysenergian tarpeessa. Eri tilojen valaistuksen kulutus saadaan niin ikään mitattua sähköryhmäkohtaisesti. Sähköryhmittelyä kannattaa miettiä yhdessä suunnittelijan kanssa.

4 MITTAUSTEN SUUNNITTELU

4.1 Puutuomela Oy

Puutuomela Oy:n yksikerroksisen matalaenergiatalon kerrosala on 149 m², lämmin huoneistoala 124 m² ja rakennustilavuus 490 m³. Lämmitysmuotona on poistoilmalämpöpumppu ja lämmönjakotapana vesikiertoinen lattialämmitys. Kohteessa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Lisälämmönlähteenä on varaava takka.

Ilton ILPO Comfort CE50 -poistoilmalämpöpumppu on varustettu ILPO T-10 Econo -tuloilmalaitteella. Poistoilmalämpöpumppu siirtää ilmanvaihdon poistoilmasta ottamansa energian veteen, jota käytetään talon, käyttöveden ja tuloilman lämmittämiseen. Kulutushuippujen aikana ja huippupakkasilla vettä ja tuloilmaa lämmitetään lisäksi sähkövastuksilla. (11, s. 2.)

Kohteeseen suunniteltiin liitteen 1 mukaiset mittaukset. Jäteilmasta saatava energia lasketaan lämpötilamittauksista TE1 ja TE2 sekä virtausmittauksesta FE1. Poistoilmalämpöpumpun ottama sähköenergia mitataan kWh-mittauksella EQ1. Mitattava energia sisältää lämpöpumpun kompressorin, lisälämmitysvastuksen, kiertopumpun ja tuloilmapuhaltimen kulutuksen.

Tuloilmaa lämmitetään poistoilmalämpöpumpun kuumentamalla vedellä ja mikäli tuloilman lämpötila vesipatterin jälkeen laskee alle 10 °C:seen, sähkövastuksella (12, s. 7). Vesipatterin tuloilmaan luovuttama energia lasketaan lämpötilamittauksista TE3 ja TE4 sekä virtausmittauksesta FE3. Tuloilmayksikön ottama sähköenergia mitataan kWh-mittauksella EQ2. Mittaus sisältää sähkölämmitysvastuksen ja tuloilmapuhaltimen kulutuksen.

Lattialämmityspiirin luovuttama energia lasketaan lämpötilamittauksista TE5 ja TE6 sekä virtausmittauksesta FE5. Jokainen erillinen piiri varustetaan vastaavalla mittauksella tarkemman kulutusjakauman selvittämiseksi. Käyttöveden

lämmitykseen kuluva energia lasketaan lämpötilamittauksista TE9 ja TE10 sekä virtausmittauksesta FE9.

Lisäksi kohteessa mitataan sisäilman lämpötilaa eri tiloissa sekä käyttöveden kulutusta. Taloussähkö eritellään kappaleessa 3.7 esitettyjen periaatteiden mukaisesti.

4.2 Kontiotuote Oy

Kontiotuote Oy:n kaksikerroksisen matalaenergiatalon kerrosala on 199,5 m², lämmin huoneistoala 176,5 m² ja tilavuus 650 m³. Lämmitysmuotona on maalämpö ja lämmönjakotapana vesikiertoinen lattialämmitys. Kohteessa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmön talteenotolla. Lisälämmönlähteenä on varaava leivinuuni.

Kohteeseen suunnitellut mittaukset on esitetty liitteessä 2. Maalämmön keruupiiristä saatava lämpöenergia lasketaan lämpötilamittauksista TE1 ja TE2 sekä virtausmittauksesta FE1. Maalämpöpumpplaitteiston ottama sähköenergiankulutus mitataan kWh-mittarilla EQ1. Mittaukseen sisältyy kompressorin, lisälämmitysvastuksen, liuospumpun, lauhdepumpun ja kiertopumpun energiankulutus. Maalämpöpumpulta varaajaan ja lämmityspiireihin syötettävä lämpöenergia lasketaan lämpötilamittauksista TE3 ja TE4 sekä virtausmittauksesta FE3.

Lattialämmityspiirin luovuttama energia lasketaan lämpötilamittauksista TE5 ja TE6 sekä virtausmittauksesta FE5. Jokainen erillinen piiri varustetaan vastavalla mittauksella. Käyttöveden lämmitykseen kuluva energia lasketaan lämpötilamittauksista TE9 ja TE10 sekä virtausmittauksesta FE9.

Kohteessa seurataan lisäksi lämmön talteenoton hyötysuhdetta, jota varten mitataan raitis-, tulo- ja poistoilmavirtojen lämpötilat. Mittauksista TE11, TE12 ja TE13 lasketaan lämmön talteenoton tuloilman vuosihyötysuhde. Kohteessa mitataan myös sisäilman lämpötilaa eri tiloissa sekä käyttöveden kulutusta. Taloussähkö eritellään kappaleessa 3.7 esitettyjen periaatteiden mukaisesti

5 SÄÄOLOJEN JA KÄYTTÖTOTTUMUSTEN VAIKUTUS ENERGIANKULUTUKSEEN

Matalaenergiakortteliin asennetaan kaksi sääasemaa, joilla mitataan alueen keskimääräistä lämpötilaa, tuulen nopeutta ja suuntaa, ilman suhteellista kosteutta, ilmanpainetta sekä auringon säteilyenergiaa. Energiankulutuksen seurannassa käytettävällä puolen tunnin tiedontallennustarkkuudella voidaan riittävän tarkasti seurata sääolojen ja kulutuksien välistä korrelaatiota. Sääolojen kokonaisvaikutus pientalon energiankulutukseen muodostuu pääasiassa tuulen voimakkuudesta, aurinkoisuudesta ja paikan lämpimyydestä (13, s. 31). Tuulisuus ja auringon vaikutus saattavat korttelinkin sisällä vaihdella huomattavasti (13, s. 20 - 21). Tämän vuoksi vertailu kahdenkin sääaseman antamiin tietoihin on vain suuntaa-antavaa.

Auringosta passiivisesti kerättävä energia vaihtelee huomattavasti valoaukkojen suuntauksen ja ulkopuolisen varjostuksen mukaan. Toiset rakennukset, säilytettävä puusto ja istutukset vaikuttavat hyödyksi saatavan passiivisen aurinkoenergian määrään. Kaakkoon, etelään ja lounaaseen suunnatut ikkunat tarjoavat lämmityskaudella huomattavan määrän ilmaisenergiaa mutta saattavat kesäaikana aiheuttaa ylikuumenemista ja jäähdytystarvetta mikäli asianmukaista aurinkonsuojausta ei ole tehty.

Myös tuuliolosuhteet vaihtelevat huomattavasti korttelin sisällä. Toisten rakennusten sijainti, talon muoto, istutukset ja aidat vaikuttavat tuulen suuntaan ja voimakkuuteen paikallisesti (13, s. 23). Riittävän voimakas, yli 3 m/s puhaltava tuuli lisää rakennuksen energiankulutusta jäähdyttämällä rakenteita ja aiheuttamalla rakennuksen eri puolille paine-eroja, jotka lisäävät vuotoilman määrää. Lisäksi paine-erot nostavat ilmanvaihdon ilmavirtoja suunnitelluista arvoista ja näin ollen lisäävät ilmanvaihdon lämmityksen energiankulutusta. (13, s. 11, 30.) Tuulen vaikutus energiankulutukseen voi kaiken kaikkiaan olla vaikeasti todettavissa mittaustuloksia vertaamalla.

Ulkoilman lämpötila vaikuttaa energiankulutukseen vuotoilman ja ilmanvaihdon määrästä sekä rakenteiden lämmöneristävyydestä riippuen. Kaavasta 12 huomataan, että lämpövirta rakenteen läpi on suoraan verrannollinen sisä- ja ulkolämpötilojen eroon (8, s. 102).

$$\phi_{joht} = UA(T_{sisä} - T_{ulko}) \quad \text{KAAVA 12}$$

U	rakenteen lämmönläpäisykerroin
A	lämpövirran läpäisemän rakenneosan pinta-ala
$T_{sisä}$	rakennuksen sisälämpötila
T_{ulko}	ulkolämpötila

Kaava 13 kuvaa vuotoilman aiheuttamaa lämmitystehon tarvetta. Siitä nähdään, että myös vuotoilman aiheuttama lämmitystehon lisäys on suoraan verrannollinen sisä- ja ulkolämpötilojen eroon. (8, s. 102.)

$$\phi_{vuotoilma} = q_{vi}\rho_i c_{Pi}(T_{sisä} - T_{ulko}) \quad \text{KAAVA 13}$$

q_{vi}	rakennuksen vuotoilmavirta
ρ_i	vuotoilman keskimääräinen tiheys
c_{Pi}	vuotoilman keskimääräinen ominaislämpökapasiteetti
$T_{sisä}$	rakennuksen sisälämpötila
T_{ulko}	ulkolämpötila

Käyttötottumuksetkin vaikuttavat huomattavasti rakennuksen energiankulutukseen. Esimerkiksi yhden asteen pudotus sisälämpötilassa alentaa lämmitysenergian kulutusta noin viisi prosenttia (14). Myös suomalaisten keskimääräinen vedenkulutus vaihtelee huomattavasti ollen 90 - 270 litraa asukasta kohden vuorokaudessa (15). Viihde-elektroniikan ja valaistuksen osuus kotitalouksien sähköenergian kulutuksesta on noin kolmasosa, jolloin niiden käyttömäärät vaikuttavat luonnollisesti huomattavasti kokonaiskulutukseen (16). Käyttäjien vaikutusta energiankulutukseen pitäisi seurata ja analysoida, jotta heidän vaikutuksensa voitaisiin eliminoida ja vertailu rakennusten kesken olisi luotettavaa.

6 MITTALAITTEISTA

Lämpöenergiamittareiden vaatimuksia arvioitaessa tultiin siihen tulokseen, että 3 %:n tarkkuus olisi vähimmäisvaatimus, jotta sääolojen vaikutuksia sekä ertilojen ja rakennusten kulutuksia voitaisiin luotettavasti verrata keskenään. Kyseinen tarkkuus on saavutettavissa käytettäessä riittävän laadukkaita mittalaitteita, mutta laajamittaisessa tutkimuksessa tällaisten laitteiden hinta voi muodostua ongelmaksi. Sähköenergian mittaukseen käytettävien kWh-mittareiden tarkkuus on valmistajasta riippuen yleisesti noin 1 - 2 %.

Lämpömäärän laskin laskee energian virtausanturin tilavuusvirtatiedon, lämpötila-antureiden lämpötilatietojen sekä veden ominaislämpökapasiteetin perusteella. Kokonaismittaustarkkuuteen vaikuttavat siis suoraan edellä mainittujen mitausten tarkkuudet. Riittävä tiedontallennusväli energiamittauksille on puoli tuntia. Tällöin kulutuksia voidaan verrata sääolojen muutoksiin riittävällä tarkkuudella.

Virtausanturi tuottaa vesimäärään verrannollisen määrän pulsseja, jotka lähetetään lämpömäärän laskimelle. Virtausanturin täytyy pystyä mittaamaan pieniäkin virtaamia esimerkiksi lattialämmityspiireissä luotettavasti. Maalämmön keruupiiriä tarkasteltaessa täytyy varmistua, että mittari soveltuu vesiglykoliseoksen mittaukseen. Mikäli virtausanturi asennetaan menoputkeen, tulee tästä ilmoittaa laskinta tilattaessa, koska normaalisti laskin olettaa virtaus-tiedon tulevan paluupuolelta.

Käyttöveden kierron, lattialämmityspiirin ja varsinkin maalämmön keruupiirin mittauksiin käytettävien lämpötila-antureiden tarkkuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota, koska mitattavat lämpötilaerot ovat pieniä.

7 YHTEENVETO

Työ kuuluu pohjoismaiseen puu- ja betonirakennusten energiataloutta tutkivaan IEEB-projektiin, jossa kehitetään keinoja energiatehokkuuden ja mittausmenetelmien parantamiseen. Työssä selvitettiin, mitä mittauksia passiivi- ja matalaenergiatalojen energiankulutusjakauman tarkkaan erittelyyn tarvitaan.

Mittaukset piti suunnitella Oulun Ritaharjuun rakennettavalle matalaenergiataloryhmälle. Työn tekoaikana saatavilla olivat vain Puutuomela Oy:n lin Vihreään kortteliin rakentuvan talon tiedot sekä Kontiotuote Oy:n Ritaharjuun rakentuvan talon vajavaiset tiedot, joten mittaussuunnitelmat toteutettiin ainoastaan näihin kohteisiin.

Suunnitelmien mukaan kohteista mitataan käyttöveden lämmitykseen ja mahdolliseen lämpimän veden kiertoon kuluva energia, tilojen lämmitykseen kuluva energia lämmityspiirikohtaisesti sekä ilmanvaihdon lämmitykseen kuluva energia. Myös lämmön talteenoton hyötysuhde, käyttöveden kulutus sekä laite- ja taloussähkö mitataan.

Lisäksi työssä pohdittiin sääolojen ja käyttötottumusten vaikutusta energiankulutukseen sekä mittauksissa käytettävien laitteiden vaatimuksia. Mittalaitteiden on oltava riittävän tarkkoja, jotta mikroilmaston vaikutusta voidaan tutkia luotettavasti. Käyttötottumuksia olisi seurattava rakennuskohtaisesti, jotta niiden vaikutus voitaisiin huomioida mittaustuloksien tarkastelussa.

LÄHTEET

1. RIL 249-2009. Matalaenergiarakentaminen. Asuinrakennukset. 2009. Saarijärvi: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
2. Suomen kansallinen energiatehokkuuden toimintasuunnitelma. 2007. Saatavissa:
http://ec.europa.eu/energy/demand/legislation/doc/neeap/finland_fi.pdf.
Hakupäivä 24.3.2011.
3. Saari, Mikko – Kukkonen, Petri – Paananen, Tapio – Laine, Juhani. Ilmanvaihtolämmityksen ja -viilennyksen mallisuunnitelma. 2010. Saatavissa:
<http://www.harkkokivitalo.fi/Download/25882/VTT-S-10522-10%20Ilmanvaihtol%C3%A4mmitys%20-%20mallisuunnitelma.pdf>.
Hakupäivä 24.3.2011.
4. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2010. 2008. Ympäristöministeriö. Saatavissa:
http://www.finlex.fi/data/normit/34165-D3-2010_suomi_22-12-2008.pdf.
Hakupäivä 24.3.2011.
5. Motiva. Energiatehokas koti -kampanja. Saatavissa:
http://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/hyva_tietaa/mihin_energiaa_kuluu.
Hakupäivä 4.4.2011.
6. Nieminen, Jyri – Jahn, Jenni – Airaksinen, Miimu. Passiivitalo-ohjeita rakennuttajalle. 2007. Saatavissa:
<http://virtual.vtt.fi/virtual/northpass/Finland/Documents/6Rakennuttajalle.pdf>.
Hakupäivä 24.3.2011.
7. Vaihtoehdot tonteista joille ei vedetä kaukolämpöä. 2010. Esitysmateriaali. Oulun kaupunki. Tekninen keskus.

8. Seppänen, Olli 2001. Rakennusten lämmitys. Helsinki: Suomen LVI-liitto ry
9. Ympäristöenergia Oy. Aurinkolämpö. Saatavissa: <http://www.y-energia.com/aurinkolampo/aurinkolampo.html>. Hakupäivä 4.4.2011.
10. Seppänen, Olli 1996. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Helsinki: Suomen LVI-liitto ry
11. ILPO Comfort -poistoilmalämpöpumppu. Esite. Swegon ILTO Oy. Saatavissa: http://www.ilto.fi/_file/5002/ILPO_Comfort_esite.pdf. Hakupäivä 4.4.2011.
12. ILPO T-10 -tuloilmayksikkö. Käyttöohje. Swegon ILTO Oy. Saatavissa: http://www.ilto.fi/_file/5016/Ilpo_T10_kayttoohje.pdf. Hakupäivä 4.4.2011.
13. Kuismanen, Kimmo 2005. Ilmaston vaikutus pientalojen suunnitteluun. Saatavissa: <http://www.kuismanen.fi/ilmastark.pdf>. Hakupäivä: 24.3.2011.
14. Ilmasto.org. Energiansäästö. Saatavissa: http://www.ilmasto.org/ilmastonmuutos/torjuminen/paastojen_vahentaminen_suomessa/energiansaasto.html. Hakupäivä 4.4.2011.
15. Mihin energiaa kuluu, vedenkulutus. Motiva. Saatavissa: http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/mihin_energiaa_kuluu/vedenkulutus. Hakupäivä 4.4.2011.
16. Kotitalouksien sähkönkäyttö 2006. Motiva. Tutkimusraportti. 2008. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/1353/Kotitalouksien_sahkonkaytto_2006_raportti.pdf. Hakupäivä 4.4.2011.

Tekijä Kimmo Tahkola, 040-7644294, t7taki00@students.oamk.fi

Tilaaja Oulun seudun ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö

Tilaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot

Veli-Matti Mäkelä, 050-5965444, veli-matti.makela@oamk.fi

Työn nimi Passiivi- ja matalaenergiatalojen energiamittausten suunnittelu

Työn kuvaus Työ liittyy pohjoismaiseen IEEB-projektiin. Työn tarkoituksena on suunnitella projektiin liittyvien passiivi- ja matalaenergiatalojen energiamittaukset siten, että kulutusjakauma ja sääolojen vaikutus siihen saadaan selvitettyä mahdollisimman tarkasti.

Työn tavoitteet

Mitä mittauksia ja millaisilla laitteilla tarvitaan, jotta kulutusjakauma saadaan mahdollisimman tarkasti selvitettyä. Sääolojen vaikutus energiankulutukseen eri osa-alueilla.

Tavoiteaikataulu

Tarvittavat mittaukset ja mittalaitteet eri lämmitysmuodoilla varustetuissa taloissa - Joulukuun puoliväli. Mittalaitteiden valinta eri kohteisiin, jotta kulutusjakauma saadaan eriteltyä mahdollisimman tarkasti - Tammi-kuun loppu. Sääolojen vaikutus kulutukseen eri osa-alueilla - Helmikuun loppu. Työn valmistuminen - Huhtikuun loppu.

Päiväys ja allekirjoitukset

Oulussa 12.11.2010

Kimmo Tahkola

Veli-Matti Mäkelä

